



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 49 216 A 1**

⑲ Aktenzeichen: 198 49 216.2
⑳ Anmeldetag: 26. 10. 1998
㉑ Offenlegungstag: 27. 4. 2000

⑤① Int. Cl.⁷:
B 01 D 15/00
B 01 J 20/34
B 01 D 53/02
C 01 B 3/56
C 01 B 13/02

DE 198 49 216 A 1

⑦① Anmelder:
Noack, Andreas, Dr., 63322 Rödermark, DE

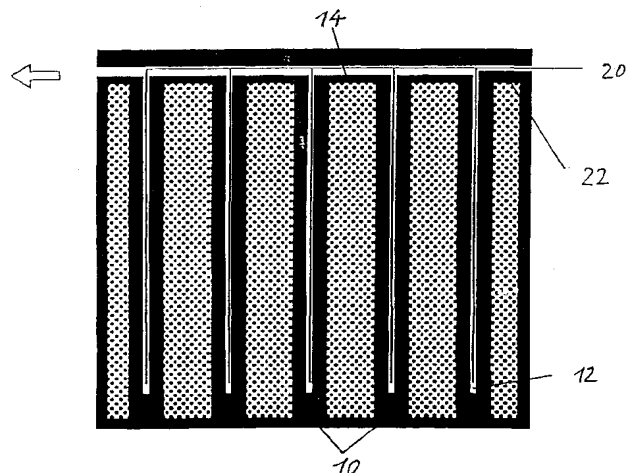
⑦④ Vertreter:
Maiwald GmbH, 80335 München

⑦② Erfinder:
gleich Anmelder

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Verfahren und Vorrichtung zur Trennung von Fluidgemischen (Thermomembranverfahren)

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Trennung von Fluidgemischen, bei dem das Fluidgemisch bei einer ersten, niederen Temperatur mit einem Adsorbens kontaktiert wird, so daß wenigstens eine Komponente des Fluidgemisches bevorzugt adsorbiert wird, und bei dem die bevorzugt adsorbierte Komponente bei einer zweiten, höheren Temperatur desorbiert wird. Dabei wird die Adsorption bei einer ersten, niederen Temperatur in einem ersten Arbeitsbereich, und die Desorption bei einer zweiten, höheren Temperatur in einem zweiten Arbeitsbereich durchgeführt, der von dem ersten Arbeitsbereich so getrennt ist, daß im wesentlichen nur die bevorzugt adsorbierte Komponente vom ersten in den zweiten Arbeitsbereich übertritt. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Vorrichtung, mit der das Verfahren realisiert werden kann.



DE 198 49 216 A 1

Die Erfindung betrifft, ein Verfahren zur Trennung von Fluidgemischen, bei dem das Fluidgemisch bei einer ersten, niedrigeren Temperatur mit einem Adsorbens kontaktiert wird, so daß wenigstens eine Komponente des Fluidgemisches bevorzugt adsorbiert wird, und bei dem die bevorzugt adsorbierte Komponente bei einer zweiten, höheren Temperatur desorbiert wird.

Die Erfindung betrifft weiterhin eine Vorrichtung zur Trennung von Fluidgemischen mit einem ersten Arbeitsbereich, in dem das Fluidgemisch bei einer ersten, niedrigeren Temperatur mit einem Adsorbens kontaktiert werden kann, wobei wenigstens eine Komponente des Fluidgemisches bevorzugt adsorbiert wird, und mit einem zweiten Arbeitsbereich, in dem die bevorzugt adsorbierte Komponente bei einer zweiten, höheren Temperatur desorbiert werden kann.

Die Erfindung betrifft weiterhin die Verwendung obengenannten Verfahrens bzw. obengenannter Vorrichtung zu Regeneration von Aktivkohle Schüttgut, als Filter zur Reinigung von Luft oder Abluft und zur Gewinnung von Sauerstoff bzw. von einem sauerstoffangereicherten Gas oder zur Reinigung von Wasserstoff.

Die Trennung von Fluidgemischen in ihre Komponenten stellt ein wirtschaftlich sehr bedeutendes Gebiet der Technik dar. Sie reicht von der Gewinnung einzelner Gemischkomponenten in reinster Form bis zur Erzeugung von Produktgemischen, in denen wenigstens eine Komponente nur in, bezüglich des Gehaltes im Ausgangsgemisch, relativ angereicherter Form vorliegt. Typische Aufgabenbereiche umfassen die Rückgewinnung von Lösungsmitteldämpfen, die Gewinnung von Kohlenwasserstoffen aus entsprechenden Gemischen, beispielsweise nach Crack-Prozessen ("Rektifikationsverfahren"), aber auch die Trennung von Permanentgasen aus natürlichen Vorkommen oder technischen Prozessen, wie beispielsweise die Trennung von Sauerstoff und Stickstoff aus Luft oder die Rückgewinnung von Wasserstoff aus Ammoniak/Wasserstoffgemischen im Haber-Bosch-Prozeß.

Auch die Reinigung von Luft oder Abluft von schädlichen, umweltbelastenden oder gar toxischen Komponenten erfordert die Abtrennung einzelner Komponenten aus komplexen Fluidgemischen. In den letzten Jahren haben derartige Reinigungsverfahren eine zunehmende Bedeutung erfahren, wie etwa bei der Raumluftreinigung in industriellen Produktionsstätten, z. B. in Reinräumen der Halbleiterindustrie, oder auch bei der Zuführung von gereinigter Umgebungsluft in den Innenraum von Kraftfahrzeugen.

Die Trennung von Gas- und Gas/Dampfgemischen, sowie die Abtrennung einzelner Komponenten aus derartigen Gemischen erfolgt technisch meist durch Adsorption, oder in letzter Zeit, einhergehend mit der Entwicklung selektiver Membranen, auch unter Anwendung von Permeationsverfahren.

Die Adsorption nutzt die Eigenschaft poröser Feststoffe mit großer Oberfläche, wie beispielsweise Aktivkohle, Kieselgel und Aluminiumsilikate, aus Gasmischen in geringer Konzentration enthaltene Gase und Dämpfe selektiv anzureichern und damit aus dem Gemisch abzutrennen.

Alle bekannten Adsorptionsverfahren bestehen im wesentlichen aus zwei Arbeitsschritten: der Adsorption und der Desorption. Beide Vorgänge können sowohl diskontinuierlich mit ruhenden Adsorbenschichten, als auch kontinuierlich in Gegenstromverfahren durchgeführt werden. Die Adsorption erfolgt meist bei möglichst niedrigen Temperaturen, da höhere Temperaturen das Aufnahmevermögen des Adsorptionsmittels senken. Die Desorption erfolgt in der Regel bei höheren Temperaturen, bei welchen das beladene

Adsorptionsmittel durch Einblasen von Heißdampf thermisch vom aufgenommenen Adsorbat befreit wird.

Typische bekannte Verfahren im Bereich der Festbettadsorber im diskontinuierlichen Betrieb sind die Zwei-Adsorber-Anlagen nach dem Bayer-Verfahren oder die größeren Vier-Adsorber-Anlagen. In diesen Anlagen erhalten die einzelnen Adsorber die Arbeitsschritte Adsorption und Desorption, bzw. Beladen, Dämpfen, Trocknen und Kühlen im ständigen Wechsel zugeteilt. Die Ausführung solcher Anlagen setzt voraus, daß die Beladungszeit des jeweils einen Adsorbers zum Wiederbeleben eines anderen ausreicht. Anlagen dieser Art werden beispielsweise bei der Benzingerwinning nach der Fischer-Tropsch-Synthese seit langem großtechnisch eingesetzt.

Nachteilig wirkt sich vor allem aus, daß die Regenerierung (Desorption) des beladenen Adsorptionsmaterials stets in einem zeitlich und räumlich abgetrennten Bereich der Anlage erfolgen muß, weshalb derartige Anlagen einen hohen konstruktiven und investiven Aufwand erfordern.

Auch kontinuierlich arbeitende Adsorptionsverfahren, in denen sich Adsorbens und Gasstrom im Gegenstrom zueinander bewegen, sind bekannter Stand der Technik. Die nach diesem Verfahren arbeitenden Wanderbett-Adsorptionskolonnen oder auch Rektifikationskolonnen verwenden in der Regel Aktivkohle zur Trennung von Gasmischen. Dabei rutscht die feinkörnige Aktivkohle aus einem Bunker in eine Kühlzone und anschließend über einen Verteilerboden in die Adsorptionszone. Hier kommt es durch Kontakt mit dem von unten nach oben geführten Gasstrom zur Adsorption der bevorzugt adsorbierten Komponente. Aus der Adsorptionszone gelangt die beladene Aktivkohle in eine Desorptionszone, in der die vorher adsorbierten Komponenten in der Regel durch Einblasen von Heißdampf abgetrennt werden. Die regenerierte Aktivkohle wird dann wieder in die Adsorptionszone zurückgeführt.

Prinzipieller Nachteil auch dieses Verfahrens ist die sowohl zeitliche wie auch räumliche Trennung von Adsorption und Desorption und der sich daraus ergebende hohe konstruktive und investive Aufwand.

Eine weitere Möglichkeit zur Trennung von Gasen und Gas/Dampfgemischen, sowie zur Anreicherung einzelner Komponenten oder der Abtrennung einzelner Komponenten aus derartigen Gemischen, stellt das auf der Grundoperation der Permeation basierende Membrantrennverfahren dar. Hierbei werden teildurchlässige, selektiv wirkende Membranen zum Trennen von Mehrstoffgas- oder Gas/Dampfgemischen genutzt. Werkstoffe für dafür notwendige Festmembranen umfassen neben maßgeschneiderten, synthetischen Polymeren u. a. auch anorganische Materialien wie poröses Glas oder Glaskeramik, Graphit, Graphitoxid und ähnliche Materialien.

Die Gas- oder Dampfpermeation wird im industriellen Maßstab in Verfahren zur Anreicherung von Wasserstoff z. B. aus Hydriergasen oder Haber-Bosch-Prozeßgasen als Ergänzung bisher üblicher Trennprozesse angewandt. Da die Triebkraft für den Stofftransport durch Feststoffmembranen im wesentlichen die Partialdruckdifferenz der Komponenten beiderseits der Membran darstellt, ist zum Betrieb derartiger Permeationsverfahren die Anwendung von hohen Drucken auf der Retentatseite der Membran, sowie die Anwendung von niedrigen Drucken auf der Permeatseite der Membran erforderlich. Dies hat die wesentlichen Nachteile, daß zum einen an die Materialeigenschaften der Membran und zum anderen an die Konstruktion des Membranreaktors erhebliche konstruktive Anforderungen gestellt werden müssen. Weiterhin wirkt sich die erhebliche Druckdifferenz an der Membran nachteilig auf die Trennselektivität aus, da zunehmende Druckdifferenzen den "Schlupf" der Moleküle

steigern.

Ein erheblicher und immer noch steigender Bedarf an angereicherten und Reingasen macht die Senkung der Kosten für entsprechende Trennverfahren dringend erforderlich.

Die Rückgewinnung von Eduktgasen aus Prozeßgasgemischen industrieller Produktionsanlagen zum Zwecke der Rückführung in den Produktionsprozeß ist sowohl aus ökonomischen, wie auch aus ökologischen Gründen notwendig und wünschenswert, hängt aber im wesentlichen von den Investitions- und Betriebskosten für dafür notwendige Trennverfahren ab. Auch der technisch gleichwertige Fall der gezielten Abreicherung einzelner, beispielsweise schädlicher Komponenten aus einem Gas- oder Gas/Dampfgemisch erfordert möglichst kostengünstige Trennverfahren.

Es besteht daher ein starkes Bedürfnis, ein kostengünstiges Trennverfahren für die An- oder Abreicherung von Gasen aus entsprechenden Gemischen zur Verfügung zu stellen.

Ein derartiges Verfahren sollte im günstigsten Fall die positiven Eigenschaften herkömmlicher Adsorptionstrennverfahren mit denen bekannter Membrantrennverfahren verbinden, also im wesentlichen eine hohe Trennselektivität ermöglichen, ohne die Notwendigkeit einer kostenintensiven räumlich und zeitlich separat durchzuführenden Regeneration des Adsorbens.

Vor diesem Hintergrund ist es eine wesentliche Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Trennung von Fluidgemischen der im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Art zur Verfügung zu stellen, das mit unaufwendigen Mitteln eine kontinuierliche Prozeßführung zur Gewinnung bzw. Abtrennung wenigstens eines Fluidanteils schafft.

Weiterhin ist es eine Aufgabe der Erfindung, ein solches Verfahren zu schaffen, das sich zur Trennung von Permanentgasen, insbesondere zur Gewinnung von Sauerstoffreichgas aus Luft oder zur Gewinnung von Wasserstoff aus wasserstoffhaltigen Prozeßgasen eignet. Das erfindungsgemäße Verfahren soll zudem mit besonders niedrigem Aufwand eine hohe Selektivität und Ausbeute ermöglichen.

Eine weitere wesentliche Aufgabe der Erfindung liegt in der Bereitstellung einer Vorrichtung zur Trennung von Fluidgemischen der im Oberbegriff des Anspruchs 13 genannten Art, die es erlaubt, die vorstehend genannten Trennverfahren zu realisieren.

Eine weitere wesentliche Aufgabe der Erfindung liegt in der Schaffung einer solchen Vorrichtung, die bei hohem Wirkungsgrad und großer Flexibilität baulich so ausgeführt werden kann, daß sie beispielsweise in einem Fahrzeug mitgeführt werden kann, um dessen Kabinenluft von Schadgasen zu befreien.

Eine weitere wesentliche Aufgabe der Erfindung liegt in der Schaffung einer solchen Vorrichtung, die bei hohem Wirkungsgrad und entsprechender Dimensionierung eine oder mehrere Komponenten aus Luft oder Abluft abzutrennen vermag.

Die Lösung der verfahrensbezogenen Aufgaben liegt in der Kombination der Oberbegriffsmerkmale mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1.

Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in den Verfahrensunteransprüchen definiert.

Die vorrichtungsbezogenen Aufgaben werden gelöst durch die Merkmalskombination des Anspruchs 13. Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind definiert in den Unteransprüchen 14 bis 24.

Die Erfindung betrifft weiterhin die Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens und/oder der erfindungsgemäßen Vorrichtung gemäß wenigstens einem der Ansprüche 25 bis 27.

Die vorliegende Erfindung läßt sich grundlegend aufas-

sen als eine Kombination von Adsorptions- und Membrantrennverfahren. Hierbei übernimmt das Adsorbensmaterial sowohl die Rolle des Adsorptionsmittels als auch die Rolle der Festmembran. Durch Ausnutzung der molekularkinetischen und thermodynamischen Gegebenheiten an der Adsorbensoberfläche wird eine Anreicherung der gewünschten Komponente mit einem räumlichen Konzentrationsgradienten erhalten. Diese bevorzugte Adsorption einer Komponente erfolgt in einem ersten Arbeitsbereich auf der einen Seite des Adsorbens, unter einer ersten niedrigen Temperatur, welche die bevorzugte Adsorption der gewünschten Komponente wirksam unterstützt. Auf der anderen Seite des Adsorbens erfolgt in einem zweiten Arbeitsbereich, unter einer zweiten höheren Temperatur, die Desorption der gewünschten Komponente vom Adsorbens. Das Adsorbens trennt im Sinne einer membranartigen Fluidsperre die beiden Arbeitsbereiche so voneinander, daß makroskopische Gasströmungen von einem in den anderen Arbeitsbereich ausgeschlossen sind, und so eine Trennung der Arbeitsbereiche besteht, die eine Permeation nur der bevorzugt adsorbierten Komponente gestattet. Ein Übertritt der adsorbierten Komponente vom ersten in den zweiten Arbeitsbereich erfolgt dabei im wesentlichen nur durch Bewegung der adsorbierten Komponente im adsorbierten Zustand, also an der Oberfläche und im Porensystem des Adsorbens. Da an der Seite des Adsorbens im ersten Arbeitsbereich die gewünschte Komponente an der Oberfläche hochgradig angereichert wird, tritt auch im wesentlichen diese in den zweiten Arbeitsbereich über. Ihre Desorption dort erzeugt einen Gradienten in der absoluten Belegungsdichte über das Adsorbens hinweg, der in Richtung des zweiten Arbeitsbereichs abfällt.

Es konnte bei der vorliegenden Erfindung gezeigt werden, daß für den Stofftransport durch die Adsorbensmembran ein intensiver thermischer Energieeintrag auf der Desorptionsseite im zweiten Arbeitsbereich sehr vorteilhaft ist. Erfolgt eine (relativ bezüglich der Adsorptionsseite) Beheizung der Desorptionsseite, so stellt sich ein kontinuierlicher Stoffstrom der adsorbierten Komponente durch die Fluidsperre vom ersten in den zweiten Arbeitsbereich ein.

Die Bewegung der adsorbierten Komponente an der Oberfläche des Adsorbens unterliegt Bedingungen, die mit normaler Molekularbewegung im Gasraum nicht vergleichbar sind. Es handelt sich hierbei um Diffusions- und Konvektionsvorgänge an der äußeren und inneren Oberfläche des Adsorbens, sowie um Platzwechselvorgänge, die auch translatorische Bewegungen an der Oberfläche umfassen. Die Aktivierungsenergien für derartige Bewegungsvorgänge liegen in der Größenordnung von nur etwa 10 bis 20% der Aktivierungsenergien für die Desorption. Adsorbierte Gase besitzen also an der Oberfläche des Adsorbens eine sehr hohe Mobilität, ohne daß es zur Desorption kommt. Dies hat zur Folge, daß das Adsorbens nach einer bestimmten Zeit mit Adsorbat gesättigt ist, und somit seine Adsorptionseigenschaften verliert. Erst durch Zufuhr thermischer Energie kommt es zur Desorption und damit zu einer Regeneration des Adsorbens.

Für die eigentliche Desorption im zweiten Arbeitsbereich sind deutlich höhere Energiebeträge als für die Adsorption und Diffusion/Konvektion erforderlich. Diese Energiebeträge werden in der vorliegenden Erfindung durch die kontinuierliche Beheizung der Desorptionsseite des Adsorbens in das System eingebracht, wodurch dem Adsorbat an der Oberfläche des Adsorbens, und insbesondere in dessen Poren- und Spaltensystem, eine Nettobewegung aufgezwungen wird. Diese Bewegung kann durch kontinuierliche Abfuhr der desorbierten Komponente vom zweiten Arbeitsbereich zusätzlich beschleunigt werden. Auch eine frequen-

tielle Beheizung der Desorptionsseite ist möglich, wodurch eine Regelung der desorbierten Menge an bevorzugt adsorbierter Komponente erfolgen kann. Die Beheizung des Desorptionsbereichs führt zu einer ständigen "in situ"-Regeneration des Adsorbens während des Betriebs, wodurch das Adsorbens überraschenderweise membranartige Eigenschaften erhält, und in entsprechenden Vorrichtungen auch die Funktion einer Membran übernehmen kann.

Wesentliche Vorteile eines erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. einer dementsprechenden Vorrichtung gegenüber dem bekannten Stand der Technik liegen vor allem im geringen konstruktiven Aufwand, da in der möglichen kompakten Bauweise weder beweglichen Teile vorliegen, noch separate Regenerations- bzw. Desorptionseinrichtungen vorgesehen werden müssen. Vorteilhaft ist weiterhin die hohe, konstruktionsbedingte mechanischen Stabilität, welche die Desorption auch thermisch instabiler Spezies im Hochvakuum ermöglicht. Auch können sehr hohe Desorptionstemperaturen erzielt werden, ohne daß Spezialwerkstoffe oder aufwendige Isolierungen erforderlich sind.

Gegenwärtig wird als Adsorbensmembran insbesondere Platten- oder Rohrmaterial von gesinteter Aktivkohle mit einer Dichte von 0,2–1,8 g/l, vorzugsweise 0,6–1,2 g/l, und einer Porosität von 10–90%, vorzugsweise 30–60%, in Betracht gezogen. Derartige gesinterte Aktivkohlematerialien ermöglichen eine hohe Oberflächenmobilität der adsorbierten Komponente. Gesinterte Aktivkohle läßt sich zudem günstig in der dargestellten Weise verwenden, um eine vom ersten in den zweiten Arbeitsbereich durchgehende Adsorbensoberfläche mit membranartigen Eigenschaften bei hoher Porosität bzw. einer Vielzahl von für die Diffusion geeigneten Poren und Spalten zur Verfügung zu stellen. Weiterhin ist derartige Platten- oder Rohrmaterial konstruktiv besonders geeignet für die Anbringung von desorptionsseitigen Bohrungen zur Einbringung elektrischer Heizleiter.

Im folgenden werden zwei bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung unter Bezugnahme auf die beigelegten Zeichnungen näher erläutert.

Hierin zeigen:

Fig. 1a und **1b** einen schematischen Seitenquerschnitt bzw. die Draufsicht einer erfindungsgemäßen Gastrennvorrichtung mit plattenförmiger Adsorbensmembran; und

Fig. 2a und **2b** eine schematische Draufsicht bzw. den Seitenquerschnitt einer erfindungsgemäßen Gastrennvorrichtung mit rohrförmiger Adsorbensmembran;

Fig. 3 einen Seitenquerschnitt einer erfindungsgemäßen Gastrennvorrichtung mit rohrförmiger Adsorbensmembran und innenliegenden Heizleitern.

Die in **Fig. 1a** im Seitenquerschnitt und nur sehr schematisch dargestellte erfindungsgemäße Vorrichtung weist parallel liegende Adsorbensplatten (**10**) auf, welche jeweils mit parallel zueinander liegenden, in Längsrichtung der Platte verlaufenden Bohrungen (**12**) versehen sind. Wie der Draufsicht (**Fig. 1b**) zu entnehmen ist, sind im Ausführungsbeispiel die Bohrungen zum einen Ende der Platten hin abgeschlossen und zum anderen Ende der Platten hin offen und untereinander verbunden. Diese derart miteinander verbundenen Bohrungskanäle bilden einen zweiten, also desorptionsseitigen Arbeitsbereich. Der durch geeignete fluiddichte Verbindung (**14**) der parallel angeordneten Adsorbensplatten (**10**) davon abgetrennte erste Arbeitsbereich kann, beispielsweise wie in **Fig. 1a, b** angegeben, mit Aktivkohlegranulat (**16**) aufgefüllt sein. Das Aktivkohlegranulat (**16**) wird dabei unter mechanischem Druck bzw. Spannung gegen die Adsorbensplatten gepreßt, um eine bessere Stoffübertragung zu gewährleisten.

Die Richtung der Fluidströmung ist so angelegt, daß sie durch Öffnungen (**18**) im Gehäuse der Vorrichtung auf sei-

ten des ersten Arbeitsbereichs eintritt, im folgenden durch das Aktivkohlegranulat (**16**) an die Adsorbensplatten (**10**) geführt wird, an welchen eine Komponente bevorzugt adsorbiert und schließlich durch das Plattenmaterial hindurch infolge thermischer Desorption in den beheizten zweiten Arbeitsbereich gelangt. Nach erfolgtem Durchtritt der bevorzugt adsorbierten Komponente durch die Adsorbensmembran (**10**) in den zweiten Arbeitsbereich wird diese Fluidkomponente aus dem zweiten Arbeitsbereich abgeführt, beispielsweise durch einen Inertgasstrom oder mittels Vakuum.

Fig. 2a, b zeigt eine ähnliche Anordnung, in der die Adsorbensmembran (**10**) aus einseitig verschlossenem Rohrmaterial besteht, wobei, wie in der vorhergehenden Variante die Bohrungen, hier die Hohlräume (**12**) untereinander verbunden sind und so den zweiten Arbeitsbereich der Vorrichtung bilden. Die Verbindung (**14**) der Adsorbensmembranrohre untereinander ist ebenso fluiddicht gestaltet, so daß sich eine nur für die bevorzugt adsorbierte Komponente permeable Fluidsperre zwischen erstem und zweitem Arbeitsbereich ergibt. Auch hier kann eine Aufschüttung des ersten Arbeitsbereiches mit Aktivkohlegranulat (**16**) vorgesehen sein, wobei das Aktivkohlegranulat (**16**) dazu unter mechanischem Druck bzw. Spannung gegen die Adsorbensrohre gepreßt wird, um eine bessere Stoffübertragung zu gewährleisten. Analog zu **Fig. 1** wird auch hier der Stoffstrom in der Draufsicht von oben durch geeignete Öffnungen (**18**) in den ersten Arbeitsbereich durch das Aktivkohlegranulat (**16**) an die Adsorbensmembranrohre (**10**) geführt, wobei die bevorzugte Komponente am Rohrmaterial adsorbiert und an der Materialoberfläche ins Innere geleitet wird.

Durch die Beheizung der Hohlräume im Inneren der Rohre wird die Bewegung der adsorbierten Komponente vom ersten in den zweiten Arbeitsbereich beschleunigt, und die nun desorbierte Komponente wird aus dem zweiten Arbeitsbereich, beispielsweise durch einen Inertgasstrom oder mittels Vakuum entfernt.

Für die weitere Behandlung der Permeatkomponente sind angeschlossene Vorrichtungen beispielsweise zur Kondensation, zur thermischen oder katalytischen Nachverbrennung denkbar.

Fig. 3 zeigt beispielhaft eine mögliche Anordnung einer Einrichtung zur Beheizung, beispielsweise eines elektrischen Heizleiters (**20**), im Inneren der Adsorbensrohre (**10**) im zweiten Arbeitsbereich. Dabei wird die Öffnung zur Einführung des Heizleiters (**20**) mit einer geeigneten Dichtung (**22**) verschlossen. Für derartige Dichtungen können die üblichen Materialien, beispielsweise auf Silikonbasis, verwendet werden. Auch hier sind Verbindungen (**14**) zwischen den einzelnen Adsorbensrohren (**10**) vorgesehen, die zur fluiddichten Trennung der beiden Arbeitsbereiche benötigt werden.

Bezugszeichenliste

- 10** Adsorbens
- 12** Bohrung
- 14** fluiddichte Verbindung
- 16** Aktivkohle-Schüttgut
- 18** Öffnungen
- 20** Heizleiter
- 22** Dichtung

Patentansprüche

1. Verfahren zur Trennung von Fluidgemischen, bei dem das Fluidgemisch bei einer ersten, niederen Temperatur mit einem Adsorbens kontaktiert wird, so daß

wenigstens eine Komponente des Fluidgemisches bevorzugt adsorbiert wird, und bei dem die bevorzugt adsorbierte Komponente bei einer zweiten, höheren Temperatur desorbiert wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Adsorption bei der ersten Temperatur in einem ersten Arbeitsbereich und die Desorption bei der zweiten Temperatur in einem zweiten Arbeitsbereich durchgeführt wird, der von dem ersten Arbeitsbereich so getrennt ist, daß im wesentlichen nur die bevorzugt adsorbierte Komponente vom ersten in den zweiten Arbeitsbereich übertritt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Fluidgemisch ein Permanentgasgemisch oder ein Gas-Dampfgemisch ist.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Adsorbens **(10)** platten- oder rohrförmig ist.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Stofftransport durch das Adsorbens **(10)** durch Diffusion und/oder Konvektion erfolgt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Adsorbens **(10)** eine durchschnittliche Porenweite bzw. ein Spaltensystem solcher Dimensionen aufweist, daß eine Adsorbatbewegung im Sinne einer Poren-, Spalt- und/oder Knudsen-Diffusion möglich ist.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Adsorbens **(10)** Aktivkohle, insbesondere gesinterte Aktivkohle mit einer Dichte von 0,2–1,8 g/l, vorzugsweise 0,6–1,2 g/l, und einer Porosität von 10–90%, vorzugsweise 30–60%, umfaßt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der erste und der zweite Arbeitsbereich gasdicht voneinander getrennt sind, so daß im wesentlichen keine makroskopischen Fluidströmungen zwischen den Arbeitsbereichen möglich sind, und eine nur für die bevorzugt adsorbierte Komponente permeable Trennung der Arbeitsbereiche besteht.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die permeable Trennung der Arbeitsbereiche im wesentlichen durch das Adsorbens **(10)** gewährleistet wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Adsorptionssystem einem Wärmegradienten ausgesetzt ist, der im wesentlichen vom ersten zum zweiten Arbeitsbereich hin ansteigt.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Wärmegradient durch eine Einrichtung zur Beheizung des zweiten Arbeitsbereichs, erzeugt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 9 und 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Beheizung des zweiten Arbeitsbereiches permanent oder frequentiell erfolgt.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß im ersten Arbeitsbereich Aktivkohle-Schüttgut **(16)** in direktem Kontakt zum Adsorbens **(10)** steht, wobei das Aktivkohle-Schüttgut **(16)** mit mechanischem Druck gegen das Adsorbens **(10)** gepreßt wird.

13. Vorrichtung zur Trennung von Fluidgemischen mit einem ersten Arbeitsbereich, in dem das Fluidgemisch bei einer ersten, niederen Temperatur mit einem Adsorbens kontaktiert werden kann, wobei wenigstens eine Komponente des Fluidgemisches bevorzugt adsorbiert wird, und mit einem zweiten Arbeitsbereich, in dem die bevorzugt adsorbierte Komponente bei einer zwei-

ten, höheren Temperatur desorbiert werden kann, dadurch gekennzeichnet, daß eine Fluidsperre vorgesehen ist, die beiden Arbeitsbereiche im wesentlichen fluiddicht so voneinander trennt, daß überwiegend oder ausschließlich die adsorbierte Komponente vom ersten in den zweiten Arbeitsbereich übertritt.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das vorzugsweise platten- oder rohrförmige Adsorbens **(10)** als Fluidsperre fungiert, so daß eine an der Oberfläche des Adsorbens **(10)** adsorbierte Fluidkomponente durch die Fluidsperre durchtreten kann.

15. Vorrichtung nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Adsorbens **(10)** Aktivkohle, insbesondere gesinterte Aktivkohle mit einer Dichte von 0,2–1,8 g/l, vorzugsweise 0,6–1,2 g/l, und einer Porosität von 10–90%, vorzugsweise 30–60%, umfaßt, in welcher der Stofftransport durch Diffusion und/oder Konvektion erfolgt.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 15, gekennzeichnet durch Vorrichtungen zur Zuführung von Fluidgemisch zum ersten Arbeitsbereich und zur Abführung von an- oder abgereichertem Gemisch bzw. von wenigstens einer teilweise oder völlig abgetrennten Fluidkomponente aus dem zweiten Arbeitsbereich.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, gekennzeichnet durch Vorrichtungen zur Kondensation von aus dem zweiten Arbeitsbereich abgeführten Fluidkomponenten.

18. Vorrichtung nach Anspruch 16 oder 17, gekennzeichnet durch Vorrichtungen zur thermischen oder katalytischen Nachverbrennung von aus dem zweiten Arbeitsbereich abgeführten Fluidkomponenten.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß eine Einrichtung zur Beheizung vorgesehen ist, um das Adsorbens **(10)** einem Wärmegradienten auszusetzen, der effektiv vom ersten zum zweiten Arbeitsbereich hin ansteigt.

20. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die bevorzugt im zweiten Arbeitsbereich angebrachte Einrichtung zur Beheizung vorzugsweise eine Heizstrahlröhre, eine Röhrenlampe und besonders bevorzugt einen elektrischen Heizleiter **(20)** umfaßt.

21. Vorrichtung nach Anspruch 20, gekennzeichnet durch Vorrichtungen zur Stromversorgung der Beheizungseinrichtung.

22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß das Adsorbens **(10)** in der Form von einseitig geschlossenen Rohren oder in der Form von Platten mit ein- oder mehrfachen Bohrungen vorliegt, so daß die miteinander verbundenen Hohlräume den zweiten Arbeitsbereich umfassen.

23. Vorrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Einrichtung zur Beheizung im Inneren der Rohr- oder Bohrungshohlräume befindet.

24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß im ersten Arbeitsbereich Aktivkohle-Schüttgut **(16)** in direktem Kontakt zum Adsorbens **(10)** steht, wobei das Aktivkohle-Schüttgut **(16)** mit mechanischem Druck gegen das Adsorbens **(10)** gepreßt wird.

25. Verwendung des Verfahrens und/oder der Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 24 zur Regeneration von Aktivkohle-Schüttgut.

26. Verwendung des Verfahrens und/oder der Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 24 als Filter zur Reinigung von Luft oder Abluft.

27. Verwendung des Verfahrens und/oder der Vorrich-

tung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 24 zur Gewinnung von Sauerstoff bzw. von einem sauerstoffangereicherten Gas, insbesondere aus Luft, oder zur Reinigung von Wasserstoff.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

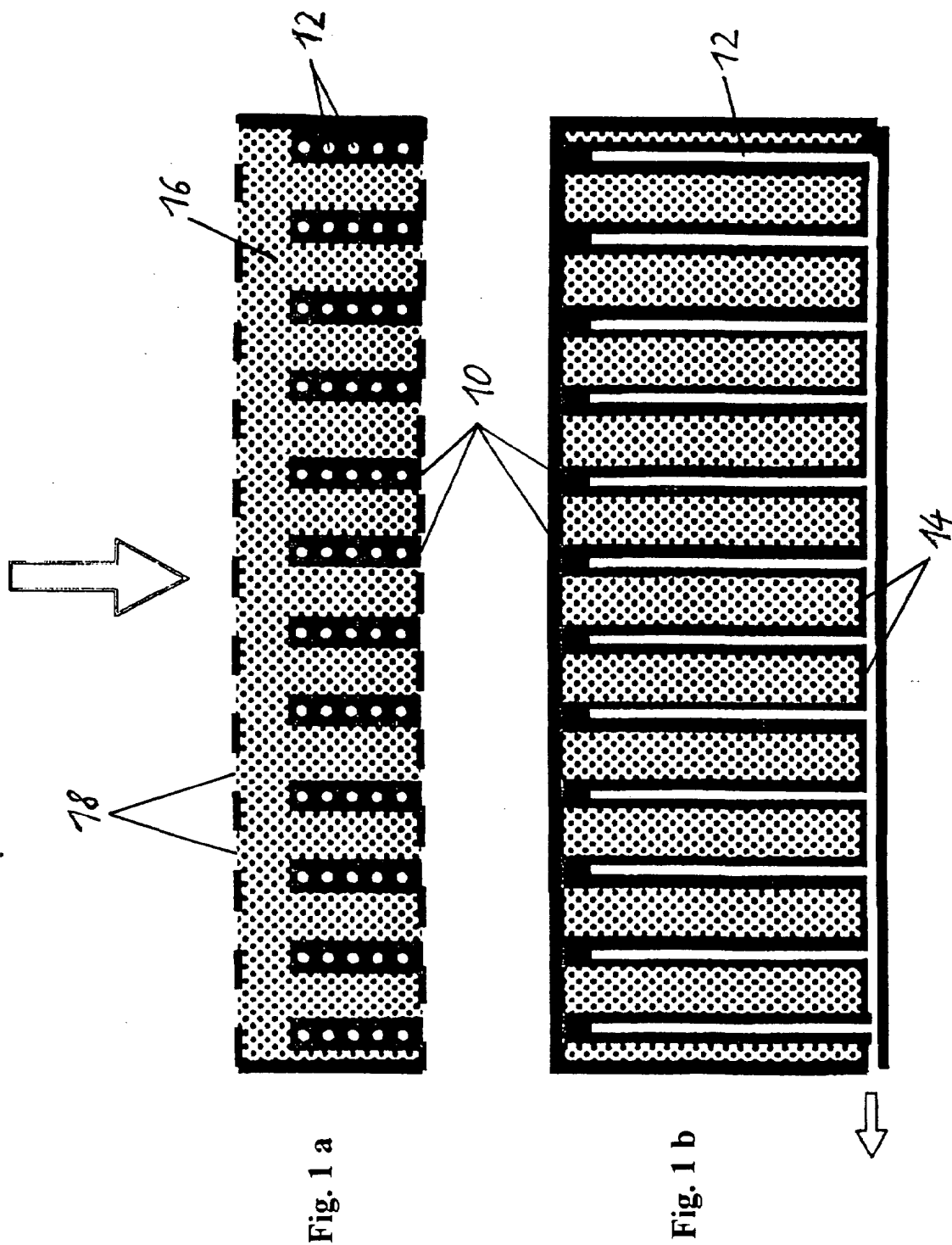
50

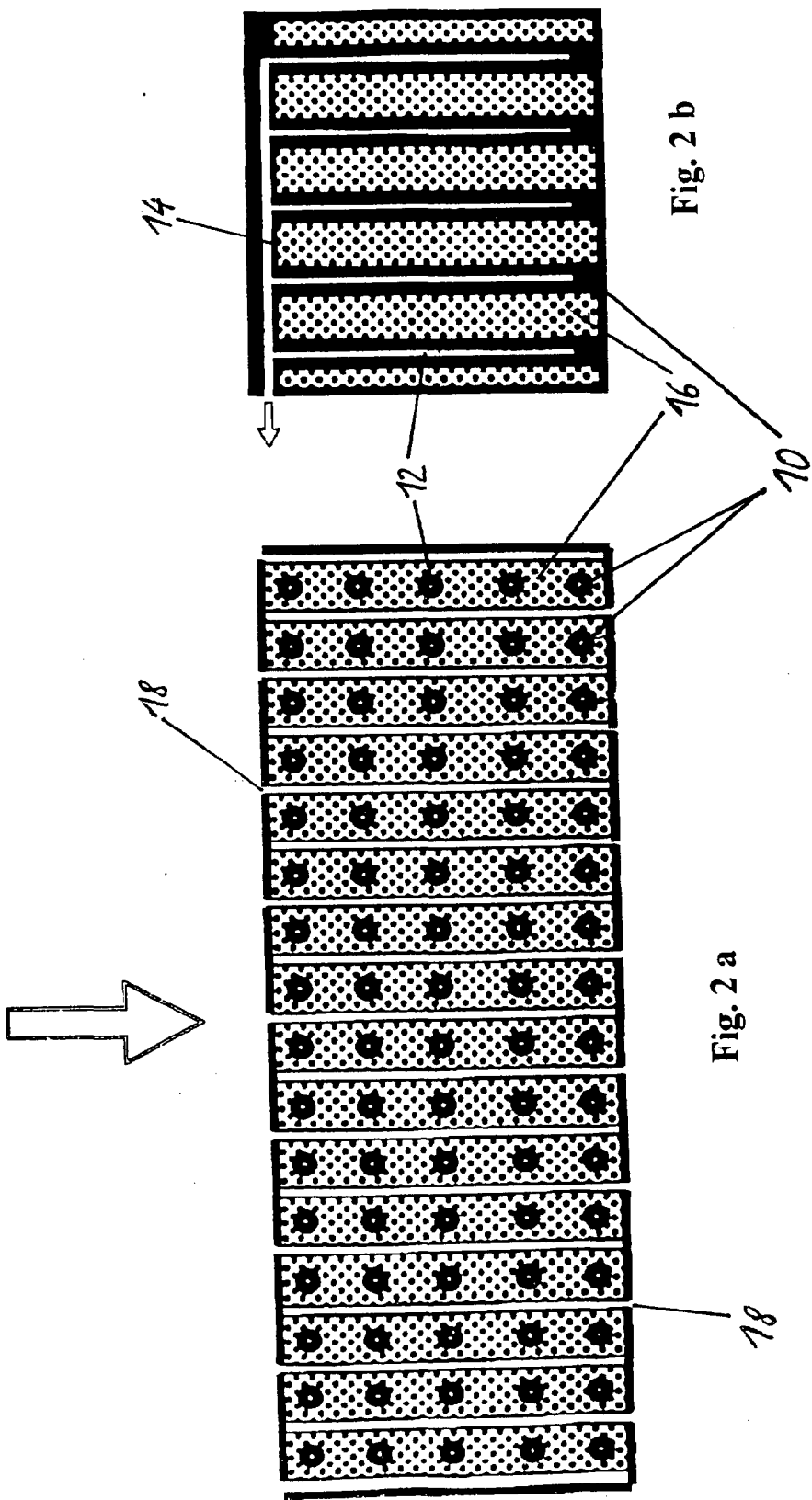
55

60

65

- Leerseite -





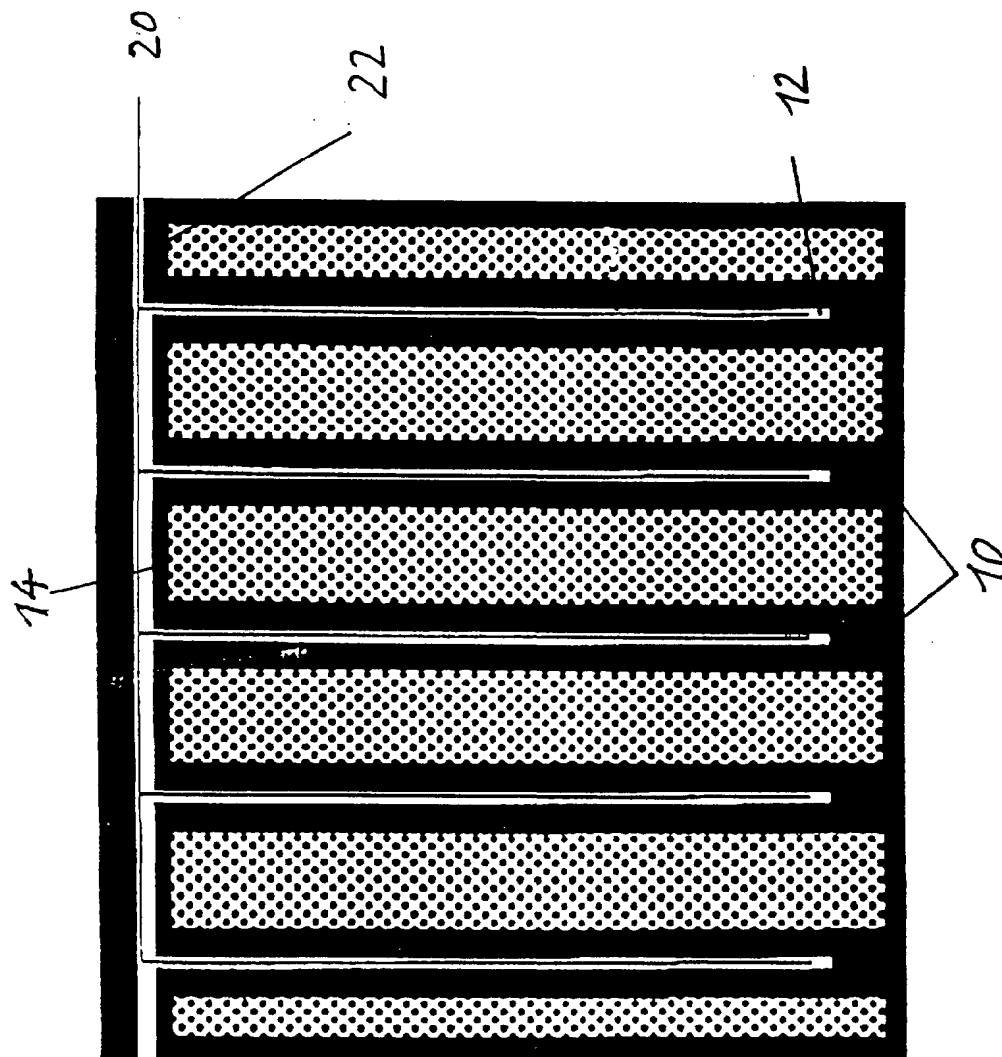


Fig. 3